

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-094859

(43)Date of publication of application : 09.04.1999

(51)Int.Cl.

G01N 37/00

(21)Application number : 09-253411

(71)Applicant : KATAOKA TOSHIHIKO  
JEOL LTD

(22)Date of filing : 18.09.1997

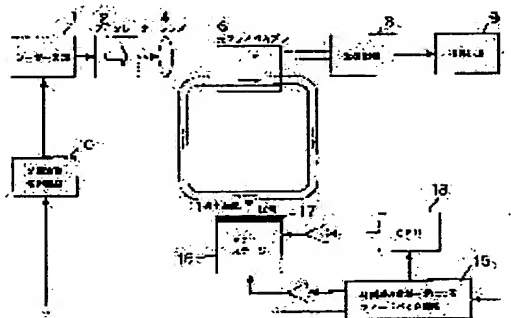
(72)Inventor : KATAOKA TOSHIHIKO

## (54) SCANNING NEAR-FIELD OPTICAL MICROSCOPE UTILIZING OPTICAL RESONATOR

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To perform observation in good reproducibility and at spacial resolution up to nano-meter order.

SOLUTION: Minute projections 11 smaller than the wavelength of light are disposed on the light wave-guide of an traveling wave type optical ring resonator using the light wave-guide or an optical fiber, on the side of the optical fiber or on a mirror face opposite to the specimen of the travelling wave type optical ring resonator using three or more mirrors. When the minute projection 11 is opposed to the specimen as a probe, which is approached, feed-back control of a distance between the probe and the specimen is performed so that back-scattering occurring in the optical ring resonator is made constant or the resonant frequency of the optical ring resonator or the shape of a resonant curve is made constant.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.11.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3535356

[Date of registration] 19.03.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-94859

(43)公開日 平成11年(1999)4月9日

(51)Int.Cl.

G 0 1 N 37/00

識別記号

F I

G 0 1 N 37/00

D

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平9-253411

(22)出願日 平成9年(1997)9月18日

(71)出願人 597133547

片岡 俊彦

京都府京都市左京区松ヶ崎三反長町13 ラ  
ファミーユ201

(71)出願人 000004271

日本電子株式会社

東京都昭島市武蔵野3丁目1番2号

(72)発明者 片岡俊彦

京都府京都市左京区松ヶ崎三反長町13 ラ  
ファミーユ201

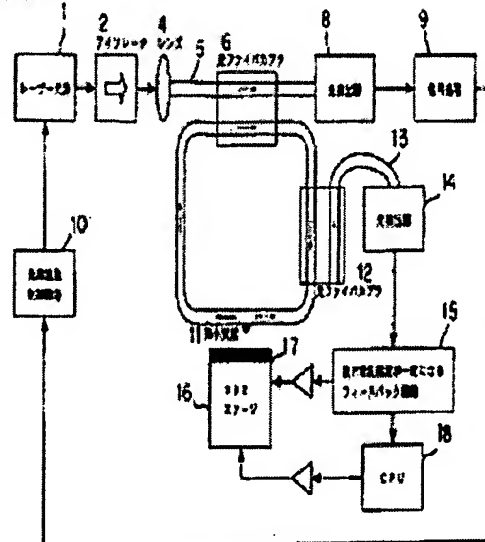
(74)代理人 弁理士 経川 昌信 (外7名)

(54)【発明の名称】 光共振器を利用した定査型近接場光学顕微鏡

(57)【要約】

【課題】 再現性良く、かつナノメートルオーダーまでの空間分解能で効率よく観察可能とする。

【解決手段】 光導波路または光ファイバーを用いた進行波型光リング共振器の光導波路または光ファイバーの側面に、あるいは三枚以上のミラーを用いた進行波型光リング共振器の試料に対向するミラー面に、それぞれ光の波長より小さい微小突起を配設し、該微小突起をプローブとして試料に対向させ、プローブを試料に近づけたときに光リング共振器内に生じる後方散乱を一定にするか、光リング共振器の共振周波数または共振曲線の形状を一定にするようにプローブ-試料間距離をフィードバック制御することを特徴とする。



#### 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 試料又はプローブの三次元走査のための送り機構を有する走査型近接場光学顕微鏡において、光導波路または光ファイバーを用いた進行波型光リング共振器の光導波路または光ファイバーの側面に光の波長より小さい微小突起を配設し、該微小突起をプローブとして試料に対向させ、プローブを試料に近づけたときに光リング共振器内に生じる後方散乱を一定にするか、光リング共振器の共振周波数または共振曲線の形状を一定にするようにプローブ-試料間距離をフィードバック制御することを特徴とする光共振器を利用した走査型近接場光学顕微鏡。

【請求項 2】 試料またはプローブの三次元走査のための送り機構を有する走査型近接場光学顕微鏡において、三枚以上のミラーを用いた進行波型光リング共振器の試料に対向するミラー面に光の波長より小さい微小突起を配設し、該微小突起をプローブとして試料に対向させ、プローブを試料に近づけたときに光リング共振器内に生じる後方散乱を一定にするか、光リング共振器の共振周波数または共振曲線の形状を一定にするようにプローブ-試料間距離をフィードバック制御することを特徴とする光共振器を利用した走査型近接場光学顕微鏡。

【請求項 3】 試料またはプローブの三次元走査のための送り機構を有する走査型近接場光学顕微鏡において、透光性基体に付着した光共振する微小球にプローブとして光の波長より小さい微小突起を試料に対向して配設し、微小突起の反対側で前記基体に全反射状態で光を入射し、プローブと試料の相互作用の結果生じる散乱光を基体上方において検出し、その値を一定にするか、微小球の共振周波数または共振曲線の形状を一定にするようにプローブ-試料間距離をフィードバック制御することを特徴とする光共振器を利用した走査型近接場光学顕微鏡。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はレンズを用いた光学顕微鏡の分解能である回折限界を越える分解能を持ち、導体から絶縁体まで特別な試料の前処理を必要とすることなく、かつ大気中でも測定可能な光共振器を利用した走査型近接場光学顕微鏡に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】 導体、半導体、絶縁体であっても、超高精度の表面測定が可能な手段として走査型近接場光学顕微鏡 (Scanning Near Field Optical Microscope; SNOM) による測定法が知られている。この測定法は、光を電場の振動と捉え、球状の微小突起をプローブとしてこれに光照射し、電子の振動に変換することによって形成されるエネルギーによりプローブまわりに急激な電界強度の変化を与えて、いわゆる近接場を形成し、この近接場と試料との相互作用によって試料表面の形状等の情

報を得るものである。このような SNOM により、光の回折限界を越える横 10 nm 程度、縦 2 nm 以下の分解能が達成可能になっている。

##### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、従来の SNOM においては、プローブの安定性および再現性が悪く、常に高分解能で計測できるわけではなかった。従って、再現性のあるプローブ、さらに効率が高い近接場からの光の検出法を開発し、計測装置として完成させることが必要である。本発明は上記課題を解決するためのもので、再現性良く、かつナノメータオーダーまでの空間分解能で感度よく観測できる光共振器を利用した走査型近接場光学顕微鏡を提供することを目的とする。

##### 【0004】

【課題を解決するための手段】 本発明は、光導波路または光ファイバーを用いた進行波型光リング共振器の光導波路または光ファイバーの側面に、あるいは三枚以上のミラーを用いた進行波型光リング共振器の試料に対向するミラー面に、それぞれ光の波長より小さい微小突起を配設し、該微小突起をプローブとして試料に対向させ、プローブを試料に近づけたときに光リング共振器内に生じる後方散乱を一定にするか、光リング共振器の共振周波数または共振曲線の形状を一定にするようにプローブ-試料間距離をフィードバック制御することを特徴とする。また、本発明は、試料またはプローブの三次元走査のための送り機構を有する走査型近接場光学顕微鏡において、透光性基体に付着した光共振する微小球にプローブとして光の波長より小さい微小突起を試料に対向して配設し、微小突起の反対側で前記基体に全反射状態で光を入射し、微小球内に進行波型光共振を生じさせ、プローブと試料の相互作用の結果生じる散乱光を基体上方において検出し、その値を一定にするか、微小球の共振周波数または共振曲線の形状を一定にするようにプローブ-試料間距離をフィードバック制御することを特徴とする。

##### 【0005】

【発明の実施の形態】 以下、本発明の実施の形態について説明する。図 1 は本発明の実施の形態の一例を示す図である。レーザー光源 1 から出射したレーザー光は光導波路 2 の戻り光を防止するアイソレータ 2、レンズ 4 を通して光ファイバー 5 に入射する。光ファイバー 5 はカプラー 6 で光リング共振器 7 と結合しており、カプラー 6 を通して光リング共振器 7 に入射したレーザー光は共振による吸収を受ける。光リング共振器 7 からカプラー 6 を通して光ファイバー 5 へ出射した光は光検出器 8 で検出され、電気信号に変換されて信号処理回路 9 に加えられる。

##### 【0006】

光リング共振器 7 からの出射光強度の周波数特性いわゆる共振曲線は図 2 に示すように、飛び飛びの周波数で吸収 (共振) があり、共振点間の間隔  $\nu_{FSR}$

が自由スペクトル域と呼ばれ、半値全幅 $\Delta\nu$ に対する $\nu$ FSRの比( $=\nu\text{FSR}/\Delta\nu$ )がフィネスと呼ばれる。

【0007】光検出器8で検出された信号は、信号処理回路9から光周波数制御回路10に加えられて、光リング共振器7の共振周波数になるように光周波数制御回路10で周波数が制御される。

【0008】光リング共振器7には試料17に対向する位置に光の波長より小さい微小突起11が設けられ、光リング共振器内を進行する光のエバネッセント波が微小突起プロープ11の電子に作用してプロープ周辺に近接場を形成する。そのため、試料17が微小突起11に接近すると、プロープ周辺の近接場と相互作用を生じて光リング共振器内には逆方向に進行する光(後方散乱)を生じ、この散乱光をカプラー12を通してファイバー13側に入射させ、これを光検出器14で検出する。光検出器14で検出した信号はフィードバック回路15に加えられ、基準信号と比較されてその差信号により試料17のX、Y、Zステージ16が駆動制御される。このフィードバック制御により、後方散乱光強度が一定になるように微小突起プロープ11と試料との距離を制御すると、試料の変位により試料表面の形状等の情報が得られる。CPU18はX、Y、Zステージ制御用の制御装置である。

【0009】なお、光リング共振器としては、フィネス値数10以上のものを使用するのが望ましく、また、光ファイバーとしては偏波面保存ファイバーを用いるのが望ましい。また、上記説明では光検出器14で検出される後方散乱光の強度を一定にするようにフィードバック制御したが、図3に示すように、光リング共振器の共振周波数または共振曲線の形状が一定になるように制御してもよい。すなわち、微小突起プロープ11と試料17との距離を変えると光リング共振器の共振周波数および共振曲線の形状が変化し、光検出器8で検出される信号において共振周波数(共振点)がシフトし、また共振曲線の形状が変わる。そこで、この共振周波数または共振曲線の形状(たとえば、曲線の傾き)が一定となるように微小突起プロープ11と試料との距離を制御するようにしても試料表面の形状等の情報が得られる。

【0010】また、微小突起プロープ11は図4に示すように、コア7aの周囲にクラッド7bを形成した光ファイバー7の側面に取り付けるタイプ以外に、図5に示すように、基板20の周囲に光導波路21を形成し、この光導波路の側面にプロープ11を形成するようにしてもよい。

【0011】また、光リング共振器は光ファイバーや光導波路以外に、図6に示すように3枚のミラーと1枚のビームスプリッタとをリング状に配置し、レーザー光源1よりビームスプリッタを通してレーザー光を入射させ、ビームスプリッタと3枚のミラーで反射させる進行波型光リング共振器とし、1つのミラーを、透明体に入

射した光が底面で全反射するように構成し、このミラーの試料に対向する面に球状微小突起11を形成するようにしてもよい。この場合も、光リング共振器内を進行する光が、透明基板の全反射条件を満たし、基板下面に形成されるエバネッセント波が微小突起プロープ11の電子に作用してプロープ周辺に近接場を形成し、試料を微小突起11に接近すると、プロープ周辺の近接場と相互作用を生じて光リング共振器内には逆方向に進行する光(後方散乱)を生じ、この散乱光をビームスプリッタを通して光検出器30で検出するようにしてもよい。この場合も、後方散乱光の強度を一定となるように微小突起プロープ11と試料との距離を制御するが、または、検出器で検出される共振点を監視し、光リング共振器の共振周波数または共振曲線の形状が一定となるように微小突起プロープ11と試料との距離を制御するようにしてもよい。なお、光リング共振器は4枚のミラーで構成するものに限らず、3枚以上のミラーで構成すればどのようなものでもよい。また、レーザー光源を光リング共振器を構成するミラー間に配置し、レーザー発振の共振器を兼ねることも可能である。

【0012】図7は本発明の他の例を示す図である。この例においては、透明基板40に微小球41を付着させて光共振器として使用する。微小球41は球状凹面を有する光学物体であり、レーザー光を入射させると球状凹面で反射を繰り返して共振する。そこで、この微小球41の試料17に対向する面に球状微小突起11を形成してプロープとし、透明基板40に全反射状態でレーザービーム42を入射させると、エバネッセント波が微小球41に入射して共振し、微小突起11の電子に作用してプロープ周辺に近接場を形成する。そこで、X、Y、Zステージ16を駆動制御して試料17を微小突起11に接近すると、プロープ周辺の近接場と相互作用を生じてプロープから散乱光を生じるのでこれを基板上方において検出することにより試料表面の形状等の情報が得られる。また、微小球の共振周波数を検出することからも試料表面の形状等の情報が得られる。

【0013】図8は図7で示した検出法を用いた装置例を示す図である。微小突起11が形成され、光共振する微小球41を付着させた透明基板40に対向させて光学顕微鏡50を設置する。光学顕微鏡50はレンズ51、52によりスリット53を通してフォトマルチプライヤ54で光学像を検出する。前述したように、透明基板40に対してレーザービーム42を全反射状態で入射させると微小球41内で光共振が生じ、微小突起11の電子に作用してプロープ周辺に近接場を形成する。この状態で試料を微小突起11に接近すると、プロープ周辺の近接場と相互作用を生じてプロープから散乱光が生じるので、これを光学顕微鏡50で検出する。また、微小球の共振周波数を検出するようにしてもよい。

【0014】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、光の共振特性を利用しているので、再現性よく、かつ効率のよい光の検出が可能であり、また、反射型であるため透明体を用いなくても観察可能であり、光学顕微鏡と一体化すればナノメータオーダまでの空間分解能で観察可能である。さらに生体試料の観察、ナノメータオーダの局所分光分析、ナノメータオーダの局所高電子分光、高密度光メモリ、超微粒子、さらには原子のマニピレーション等への適用も考えられる。

#### 【図面の簡単な説明】

- 【図1】 本発明の実施の形態の一例を示す図である。  
 【図2】 出射光強度の共振特性を示す図である。  
 【図3】 本発明の実施の形態の他の例を示す図である。  
 【図4】 光ファイバーを利用した検出器の例を示す図である。

【図5】 光導波路を利用した検出器の例を示す図である。

【図6】 ミラーを用いた光リング共振器の説明図である。

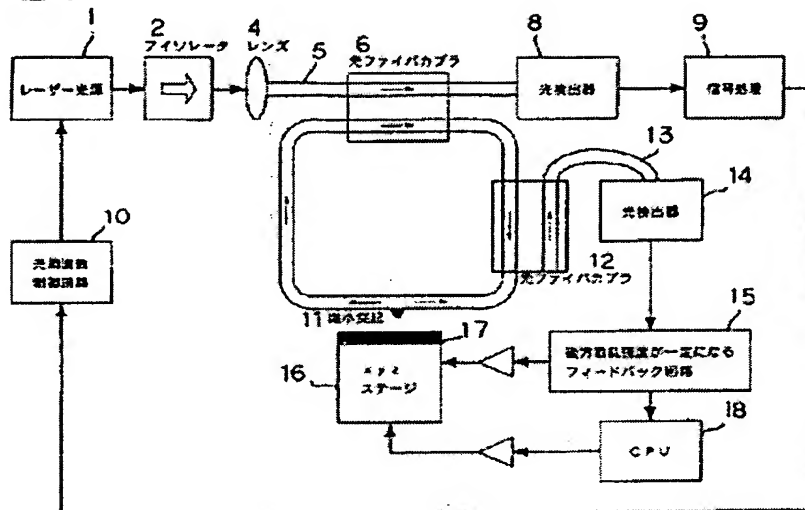
【図7】 微小球を光共振器とした例を示す図である。

【図8】 図7の検出法を用いた装置例を示す図である。

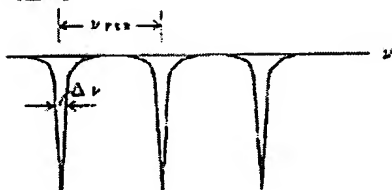
#### 【符号の説明】

1…レーザ光源、2…アイソレータ、4…レンズ、5…光ファイバー、6…光ファイバカップラ、7…光リング共振器、8…検出器、9…信号処理回路、10…周波数制御回路、11…微小突起、12…光ファイバカップラ、13…光ファイバー、14…光検出器、15…フィードバック回路、16…X、Y、Zステージ、17…試料、18…CPU。

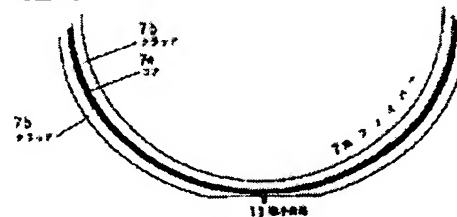
【図1】



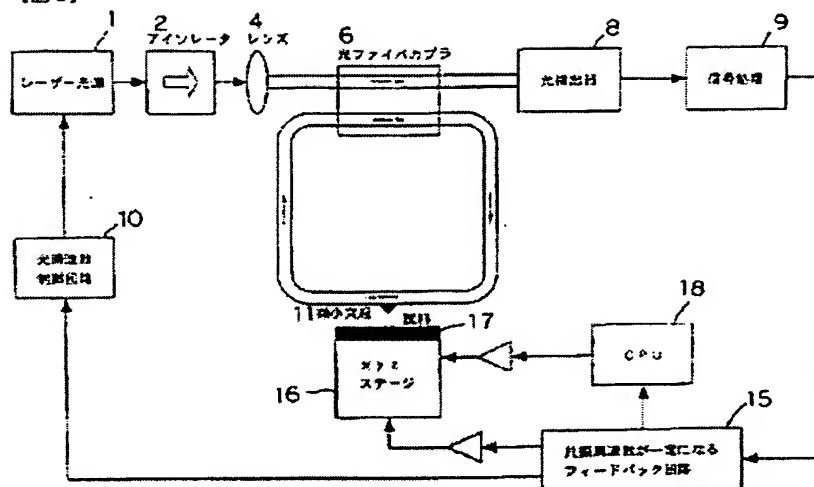
【図2】



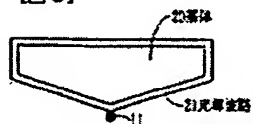
【図4】



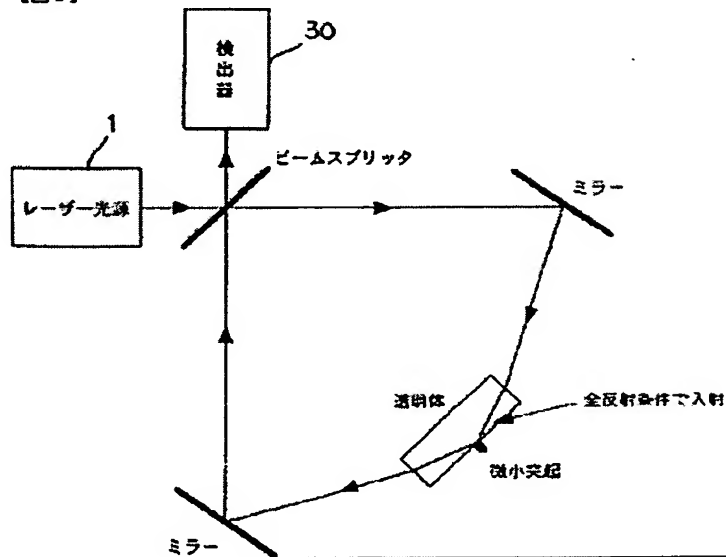
【図3】



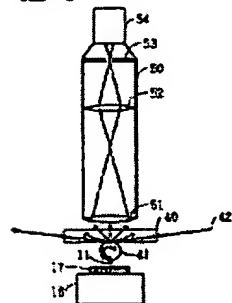
【図5】



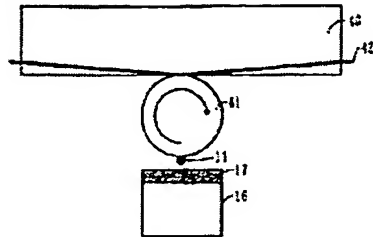
【図6】



【図8】



【图 7】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**